

Ref. 8

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-074375
 (43)Date of publication of application : 12.03.2003

(51)Int.Cl. F02C 6/18
 F01D 25/30
 F02C 3/30
 F02G 5/02
 F22B 1/18

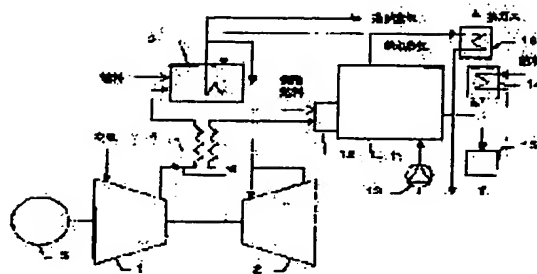
(21)Application number : 2001-267960 (71)Applicant : OSAKA GAS CO LTD
 (22)Date of filing : 04.09.2001 (72)Inventor : KEGASA AKISHI
 MATSUMURA MASAHIKO
 TSUJISHITA MASAhide

(54) GAS-TURBINE-INCORPORATED BOILER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a technique that recovers, as steam, potential heat of a low temperature exhaust gas of a small gas turbine using a regenerative cycle and effectively uses the recovered steam, in a cogeneration system as a small boiler and small gas turbine combination.

SOLUTION: An exhaust gas outlet of the gas turbine is connected direct to a combustion gas introducing chamber of a boiler to eliminate radiation loss, a condensing economizer is used to recover even latent heat of condensation, and topping of gas turbine combustion gas potential heat produces a higher temperature to recover waste heat as steam. The recovered steam is injected as saturated steam or superheated steam into a combustor to increase a shaft horsepower of the gas turbine. The injected steam is separated from exhaust gas in the condensing economizer and recovered as boiler water. The reheat of the exhaust gas with the steam, the injection of the steam and shrouding of the gas turbine and the boiler in an integral enclosure suppress or prevent white smoke, NOx and noise, respectively.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-74375

(P2003-74375A)

(43)公開日 平成15年3月12日(2003.3.12)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
F 0 2 C 6/18		F 0 2 C 6/18	B
F 0 1 D 25/30		F 0 1 D 25/30	B
F 0 2 C 3/30		F 0 2 C 3/30	C
F 0 2 G 5/02		F 0 2 G 5/02	C
			D

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-267960(P2001-267960)

(22)出願日 平成13年9月4日(2001.9.4)

(71)出願人 000000284

大阪瓦斯株式会社

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

(72)発明者 毛笠 明志

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

大阪瓦斯株式会社内

(72)発明者 松村 昌彦

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

大阪瓦斯株式会社内

(74)代理人 100065215

弁理士 三枝 英二 (外8名)

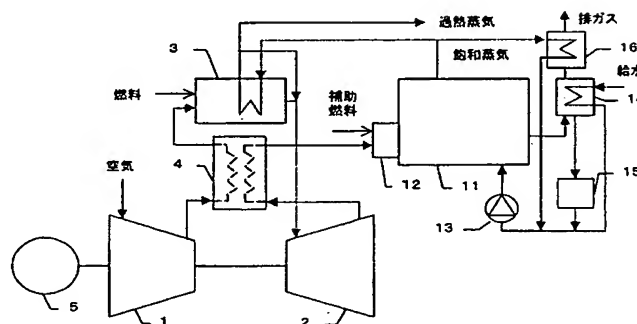
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ガスタービン組み込みボイラ

(57)【要約】

【課題】 小型ボイラと小型ガスタービンとの組合せによるコージェネレーションシステムにおいて、再生サイクルを用いた小型ガスタービンの低温排ガスの保有熱を蒸気として回収し、更に回収蒸気の有効活用を図る技術を提供することを目的とする。

【解決手段】 ガスタービンの排ガス出口をボイラの燃焼ガス導入室に直結して放熱損失を無くし、凝縮型エコマイザを用いて凝縮潜熱までを回収し、及びガスタービン燃焼ガス保有熱のトッピングにてさらに高温を得ることにより、廃熱を蒸気として回収する。回収蒸気は飽和蒸気又は過熱蒸気として燃焼器に噴射してガスタービンの軸出力を増大させる。噴射した蒸気は凝縮型エコマイザにて排ガスから分離してボイラ水として回収する。また、蒸気にて排ガスを再熱して白煙を、蒸気を噴射してNO_xを、ガスタービンとボイラを一体型エンクロージャーにて囲繞して騒音を各々抑制又は防止する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】再生サイクルを用いた小型ガスタービンの排ガスを熱源とする小型貫流形式又は炉筒煙管形式のボイラ構造を有するボイラであって、

- ・ガスタービン排ガスを、煙道を介することなく直接ボイラの燃焼ガス導入室に導き、
- ・その排ガス保有熱を用いて飽和水蒸気を発生させるガスタービン組込みボイラ。

【請求項 2】再生サイクルを用いた小型ガスタービンの排ガスを熱源とする小型貫流形式のボイラ構造を有するボイラであって、

- ・ガスタービン排ガスを、煙道を介することなく直接ボイラの燃焼ガス導入室に導き、
- ・その排ガス保有熱を用いてボイラ給水を加熱した後、
- ・ガスタービン燃焼器の燃焼ガス保有熱の一部を用いて膨張タービン上流においてボイラ給水を更に加熱し、
- ・得られた汽水二相流を気液分離器にて分離して飽和水蒸気を発生させるガスタービン組込みボイラ。

【請求項 3】再生サイクルを用いた小型ガスタービンの直下流に補助バーナを設けてボイラの燃焼ガス導入口に直結し、

- ・補助バーナで用いる酸化剤の全部又は一部としてガスタービン排ガス中の酸素を用い、
- ・ガスタービン排ガス保有熱及び補助バーナ燃料燃焼熱を熱源とする請求項 1 又は 2 に記載のガスタービン組込みボイラ。

【請求項 4】発生させた飽和蒸気の全部又は一部を、小型ガスタービンの燃焼器又は燃焼ガスの冷却に用いて、

- ・その熱交換の結果得られた過熱蒸気の全部又は一部をガスタービンの燃焼器又は膨張タービンに吹き込むことにより、
- ・ガスタービンの軸出力を増大させる請求項 1～3 のいずれかに記載のガスタービン組込みボイラ。

【請求項 5】発生させた飽和蒸気の全部又は一部を、燃焼器中の火炎存在領域、火炎存在領域より上流位置の燃焼器部分、燃料ノズル近傍及び圧縮空気から選ばれる少なくとも 1 箇所に吹き込むことにより、

- ・燃焼ガスの温度を膨張タービン入口許容ガス温度以下に制御すると共に、
- ・ガスタービンの軸出力を増大させる請求項 1～3 のいずれかに記載のガスタービン組込みボイラ。

【請求項 6】ボイラの排ガス出口に凝縮型エコノマイザを付設し、

- ・エコノマイザにて回収した熱を用いてボイラ給水を予熱すると共に、
- ・エコノマイザにて排ガスより分離回収した凝縮水をボイラ給水の一部として再利用する請求項 1～5 のいずれかに記載のガスタービン組込みボイラ。

【請求項 7】ボイラに付帯する凝縮型エコノマイザを用いて含有水蒸気の一部を凝縮水として分離した排ガス

を、

- ・ボイラから排出される蒸気又は回収ドレンの一部にて再加熱することにより、
- ・煙突から放出される排ガスの白煙化を防止又は抑制する請求項 6 に記載のガスタービン組込みボイラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、業務用、小規模産業用などに利用される小型ボイラと小型ガスタービンとを組合わせたガスタービン組込みボイラ及びそれを用いたコージェネレーションシステムに関する。

【0002】本発明のガスタービン組込みボイラは、業務用、小規模産業用などに利用される小型ボイラの省エネルギー化、電気出力取り出しを可能とする。

【0003】

【従来の技術】従来、小型貫流ボイラ及び炉筒煙管ボイラは、その発生する低圧（0.7 MPa 程度）飽和水蒸気の凝縮潜熱を利用することにより、空調用、業務用及び小規模産業用プロセスに用いられている。

【0004】このような用途では、同時に電力を使用することも多いため、比較的規模の大きな施設では、コージェネレーションが設置され、レシプロエンジンやガスタービンにて発電し、その廃熱にてボイラを加熱して水蒸気を得ている。

【0005】しかしながら、このような従来のコージェネレーションでは、レシプロエンジンの場合には、ジャケット水では温度が低くて蒸気ボイラを運転することはできず、また、ガスタービンの場合には、単純サイクルの場合は大規模（数千 kW 以上）でないと発電効率を高く維持することができない。

【0006】最近、出力が 300 kW 未満で、圧縮機及び膨張タービンに遠心式を用いるいわゆるマイクロガスタービンが実用に供されるようになってきている。マイクロガスタービンの多くは、再生サイクルを用い、低い圧力比（4 程度）でも、数千 kW クラスのガスタービン（圧力比 15 程度）と同等の発電効率（約 30%）を得ることが可能である。

【0007】しかしながら、マイクロガスタービンには、膨張タービン入口許容温度（約 900℃；以下、この温度を「TIT」と記載する場合がある。）の制限と、排ガス温度が低い（約 250℃）という排ガス利用上の不便とがある。前者は小型又は輻流構造故に金属翼の空冷構造をとれないためであり、後者は再生サイクルを採用して廃熱を燃焼用空気の前熱に用いるためである。そこで、膨張タービン入口温度を抑制するため、これらのマイクロガスタービンでは圧縮機にて過剰の空気を圧縮して燃焼器に投入し、燃焼器の冷却と共に、燃焼ガスを希釈冷却している。

【0008】廃熱ボイラの発生蒸気をガスタービンの燃焼器や膨張タービンに戻し、タービンの軸出力を増大さ

せる手段（二流体サイクル）には、例えば、チェンサイクル及びフレックスサイクルがある。前者は過熱蒸気を吹き込むものであり、後者は飽和蒸気及び圧縮機出口空気の混合気体を吹き込むものである。いずれも、タービン翼のエロージョン抑止のために飽和蒸気噴射は回避されている。

【0009】また、大量の蒸気を噴射するため、ボイラ水及びその原水の確保と費用、また、水蒸気飽和排ガスを放散する際に白煙が発生するなどの問題がある。

【0010】残存酸素濃度の高い（15%前後）ガスタービン排ガスは、その排ガス中の酸素を酸化剤として用いて補助燃料を燃焼させると、新鮮空気で燃焼させるよりも省エネルギー化が図れる。これは、新鮮空気を加熱する熱量が不要になるためであり、いわゆる排気再燃ボイラの省エネルギー原理である。

【0011】しかしながら、この排気再燃技術の利用も、バーナが低酸素燃焼時にも吹き飛ばない特殊な構造のものをを使う必要があるため、その投資が回収できる大規模用途でないと利用できない問題がある。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来のコージェネレーションは、大規模施設でないとエネルギー的にも経済的にも効率的でなく、また、廃熱利用や蒸気利用にも種々の制限がある。

【0013】従って、本発明は、従来のコージェネレーションの改良技術を提供することを目的とする。具体的には、小型ガスタービン及び小型ボイラを一体化することにより、発電出力300kW未満の小型のコージェネレーションにおいて、下記の課題を解決することを主な目的とする。

（1）小型のコージェネレーションであっても、発電出力を中型と同等に維持しながら、廃熱を蒸気として有効に回収する。

（2）蒸気を利用して更に電気出力を増大させる。

（3）現場施工技術によらない安定した性能を確保する。

（4）コージェネレーションシステムを小型軽量且つ安価に提供する。

（5）二流体サイクル採用に伴うボイラ水使用量増加を抑制する。

（6）騒音、窒素酸化物（ NO_x ）、白煙等の排出を防止又は抑制する。

【0014】

【課題を解決するための手段】〔構成1〕本発明に係るガスタービン組込みボイラは、請求項1に記載した如く、再生サイクルを用いた小型ガスタービンの排ガスを熱源とする小型貫流形式又は炉筒煙管形式のボイラ構造を有するボイラであって、

・ガスタービン排ガスを、煙道を介することなく直接ボイラの燃焼ガス導入室に導き、

・その排ガス保有熱を用いて飽和水蒸気を発生させる構成としたガスタービン組込みボイラである。

【0015】ここで、燃焼ガス導入室とは、通常の燃料を燃焼させるボイラにおける燃焼室に相当する熱交換室である。通常、ボイラの燃焼室をそのまま使用できるが、燃焼排ガスの温度が低いこと及び燃焼空間が不要であることより、燃焼室内面に伝熱促進フィンを取り付けたり、伝熱管を増設したりするなどの伝熱面積増加手段を併用して用いても良い。更に、ガスタービンの全部又は一部を燃焼ガス導入室内に没入させて設置しても良い。

【0016】〔作用効果〕本構成の如く、再生サイクルを用いた小型ガスタービンの排ガスを、煙道を介することなく直接ボイラの燃焼ガス導入室に導けば、温度低下無く全ての排ガス保有熱をボイラに導くことができる。更に、設置現場での断熱煙道工事を省略できるため、信頼性を確保しながら安価にコージェネレーションシステムを構成できる。

【0017】再生サイクルを用いた小型ガスタービンの排ガス温度は250℃程度、0.7MPaの飽和水蒸気の温度は165℃程度であるため、排ガス保有熱を有効に回収するためには、放熱損失を生じる煙道などの設備を減らすことは極めて重要である。また、温度差が小さいため、ボイラ出力を確保するためには伝熱面積を大きくしてボイラを構成する必要がある。

【0018】しかし、加熱用ガスが燃焼排ガスの場合には、燃焼室は不要であるため、その空間を伝熱面積増加の空間とすることが出来る。小型貫流ボイラでは伝熱管の増数、炉筒煙管ボイラでは炉筒内面への伝熱フィン設置等にて、伝熱面積を拡大できる。これらの手段による伝熱面積増加は、ボイラの外形寸法を増大させないため有利である。

【0019】マイクロガスタービンは一般に小型軽量であり、容易に小型貫流ボイラや炉筒煙管ボイラに一体的に取り付けることができる。また、ガスタービンの全部又は一部を燃焼ガス導入室内に没入させて設置すれば、全体をコンパクトに構成することも可能である。

【0020】ガスタービン組込みボイラをケーシングにて一体的に囲繞すれば、ケーシング構造の工夫により、効果的に両者の防音を行うことができる。特に、ガスタービンの騒音発生部分を燃焼ガス導入室に没入設置する場合には、ボイラ壁をも遮音壁として利用でき、一層防音に効果的である。

【0021】〔構成2〕本発明に係るガスタービン組込みボイラは、請求項2に記載した如く、再生サイクルを用いた小型ガスタービンの排ガスを熱源とする小型貫流形式のボイラ構造を有するボイラであって、

・ガスタービン排ガスを、煙道を介することなく直接ボイラの燃焼ガス導入室に導き、

・その排ガス保有熱を用いてボイラ給水を加熱した後、

・ガスタービン燃焼器の燃焼ガス保有熱の一部を用いて膨張タービン上流においてボイラ給水を更に加熱し、
 ・得られた汽水二相流を気液分離器にて分離して飽和水蒸気を発生させる構成としたガスタービン組込みボイラである。

【0022】ここで、気液分離器は、通常、ボイラにおける蒸気ドラムに相当する。

【0023】〔作用効果〕構成1の場合には、再生サイクルガスタービンの排ガス温度が低いため、その廃熱を回収するためには、大きな伝熱面積を必要とする。また、マイクロガスタービンの場合には、燃焼ガスの温度を、膨張タービンの材料制約のために、その入口許容温度（TIT；通常900℃程度）まで低下させなければならないという制約がある。従って、ガスタービンを用いる場合には、通常、圧縮機で得られた圧縮空気にて燃焼ガスを希釈冷却することによりこの温度（TIT）まで冷却している。

【0024】ところで、ガスタービンの場合、圧縮空気を製造するのに要した動力は膨張タービンにて回収されるが、その回収率は、圧縮機と膨張タービンの断熱効率の積で決まる。小型のガスタービンの場合、各効率は80%程度であるから、一部熱を経由して回収されるとはいえ、希釈空気圧縮動力の30%程度は損失となる。

【0025】従って、排ガスで予熱されたボイラ水（又は湿り飽和蒸気）を用いて燃焼ガスの温度をTITまで冷却すれば、燃焼ガスの冷却と希釈空気圧縮動力の削減が同時に達成でき、ガスタービンの効率が向上すると共に、ボイラ水を有効に加熱でき、蒸気量（蒸発量＝ボイラ能力）及び質（高圧、高乾き度、過熱）の改善を行うことができる。

【0026】なお、燃焼器の冷却もボイラ水によって行うことができる。この場合、冷却は沸騰伝熱となるため、安定した温度且つ小さな伝熱面積にて冷却できる。

【0027】〔構成3〕本発明に係るガスタービン組込みボイラは、請求項3に記載した如く、再生サイクルを用いた小型ガスタービンの直下流に補助バーナを設けてボイラの燃焼ガス導入口に直結し、

・補助バーナで用いる酸化剤の全部又は一部としてガスタービン排ガス中の酸素を用い、

・ガスタービン排ガスの保有熱及び補助バーナ燃料燃焼熱を熱源とする構成とした構成1又は2に記載のガスタービン組込みボイラである。

【0028】〔作用効果〕本構成により、ボイラは、ガスタービンの運転負荷に拘わらず、ガスタービン排ガスと補助バーナ熱の定格合算値以下の入力範囲にて、自由にその負荷を変えて運転することができる。これは、ボイラを蒸気利用設備の運転負荷に合わせて制御する場合に便利である。

【0029】また、いわゆる排気再燃ボイラとしての運転であるため、新鮮空気を排ガス温度まで加熱するに必

要な熱量が不要となり、省エネルギーである。本発明の特長は、マイクロガスタービンを小型ボイラに組込んで一体化することにより、その量産効果にて安定した性能の排気再燃バーナを安価に提供できるところにある。しかも、ガスタービン排ガスを最も無駄の無い形で取り入れる構造の排気再燃バーナを製作することも可能であり、無駄な排ガスダクトを省略できる。

【0030】〔構成4〕本発明に係るガスタービン組込みボイラは、請求項4に記載した如く、発生させた飽和蒸気の全部又は一部を、小型ガスタービンの燃焼器又は燃焼ガスの冷却に用いて、

・その熱交換の結果得られた過熱蒸気の全部又は一部をガスタービンの燃焼器又は膨張タービンに吹き込むことにより、

・ガスタービンの軸出力を増大させる構成とした構成1～3のいずれかに記載のガスタービン組込みボイラである。

【0031】〔作用効果〕構成1～4に係る発明で得られる蒸気は、低圧（0.7MPa程度）の飽和蒸気である。小型ボイラでは、通常、発電などの適切な用途がないため、過熱蒸気は製造しない。そこで、飽和蒸気にてガスタービン燃焼器の冷却を行い、熱交換の結果発生した過熱蒸気を燃焼器又は膨張タービンに吹き込むことにより、水滴によるエロージョンを抑制しながら、二流体ガスタービンを構成することができ、ガスタービンの軸出力を増大させることができる。

【0032】本構成の方法は、チェンサイクルの一種であるが、燃焼器又は燃焼ガスの冷却にて過熱蒸気を得るところにチェンサイクルとの相違がある。しかも、小型ガスタービンでは圧力比が4程度（中型以上のガスタービンでは圧力比は15程度）であるため、低圧蒸気を利用できる。

【0033】ちなみに、ボイラの蒸気圧力を蒸気噴射に必要な最小限の圧力に抑えたとすれば、蒸気の温度を低下（例えば、0.48MPaの飽和蒸気温度は150℃であるので、0.7MPa蒸気に比べて15℃低下）させることができるため、ガスタービン排ガスから回収可能な熱量を増加させることができる。

【0034】また、本構成により、燃焼器冷却用及び燃焼ガス冷却用圧縮空気の一部又は全部が不要になるため、圧縮空気量を低減することができる。その効果は、前述の通りである。マイクロガスタービンの場合、通常、発電機として高速発電機を用い、発電した電力をコンバータにて直流に変換し、その後インバータにて商用周波数の交流に変換するため、ガスタービンの回転数を商用電力周波数と無関係に選ぶことができる。従って、ガスタービンの回転数を変えることにより、圧縮機的能力を変化させることができ、吹き込み蒸気量に応じて希釈空気量を変化させる制御を行うことができる。これにより、吹き込み蒸気量を変化させてもTITを一定値又

は上限値以下に保つことができる。

【0035】なお、圧縮機入口にダンパーやベーンを設けて圧縮空気量を制御することも可能である。これによっても、空気圧縮動力を低減することができ、ガスタービン軸出力を増大させることができる。

【0036】本構成により、ガスタービンの軸出力を効率的に変化させることができ、熱電比可変のコージェネレーションを提供できる。構成3の発明を組合せた場合には、より大きな熱電比の変化率を得ることができる。

【0037】〔構成5〕本発明に係るガスタービン組込みボイラは、請求項5に記載した如く、発生させた飽和蒸気の全部又は一部を、

- ・ 燃焼器中の火炎存在領域、火炎存在領域より上流位置の燃焼器部分、燃料ノズル近傍及び圧縮空気から選ばれる少なくとも1箇所に吹き込むことにより、
- ・ 燃焼ガスの温度を膨張タービン入口許容ガス温度（TIT）以下に制御すると共に、
- ・ ガスタービンの軸出力を増大させる構成とした構成1～3のいずれかに記載のガスタービン組込みボイラである。

【0038】〔作用効果〕本構成においては、低圧の飽和蒸気の全部又は一部を、小型ガスタービンに吹き込むところがチェンサイクルやフレックスサイクルと異なる。本構成では、蒸気の噴射位置を燃焼器中の火炎存在領域、火炎存在領域より上流位置の燃焼器部分、燃料ノズル近傍及び圧縮空気から選ばれる少なくとも1箇所に設定することにより、高温の燃焼ガスと混合接触を行って蒸気の飽和度を減じ、過熱蒸気噴射と同等のエロージョン抑制効果を得る。また、膨張タービン入口許容温度（TIT）制御も蒸気の噴射量の制御にてそれ以下になるように行う。

【0039】これにより、先述の圧縮空気低減効果を得ることができると共に、ガスタービンがサージを起こさない範囲での蒸気の大量投入により、最も電気出力が大きく取れるようにガスタービンを運転することができる。

【0040】なお、吹き込み蒸気の乾き度が低く、不幸にして膨張タービンにエロージョンが起きた場合であっても、マイクロガスタービンでは膨張タービンそのものが安価で取替え容易であるため被害額は小さく、むしろ発電効率向上、発電出力増大の経済効果の方が大きい。

【0041】また、蒸気吹き込みに付帯して、火炎温度低下による窒素酸化物（NO_x）の抑制効果も発揮される。

【0042】〔構成6〕本発明に係るガスタービン組込みボイラは、請求項6に記載した如く、ボイラの排ガス出口に凝縮型エコノマイザを付設し、

- ・ エコノマイザにて回収した熱を用いてボイラ給水を予熱すると共に、
- ・ エコノマイザにて排ガスより分離回収した凝縮水をボ

イラ給水の一部として再利用する構成とした構成1～5のいずれかに記載のガスタービン組込みボイラである。

【0043】〔作用効果〕本発明では、再生サイクルガスタービン排ガス保有熱をボイラの主要な熱源とするため、低温の大量ガスからの熱回収となり、その熱を回収するためにはエコノマイザ（節炭器）の設置が有効である。また、蒸気噴射を行う二流体ガスタービンの排ガスには大量の水蒸気が含まれる故、排ガス露点が増加しているため、比較的高い温度にて排ガス中の水蒸気の凝縮潜熱を回収可能である。

【0044】エコノマイザで分離回収された排ガスの凝縮水には、燃焼で生成した炭酸ガス、窒素酸化物、硫酸酸化物等が微量に含まれているが、その濃度は水蒸気吹き込みにより通常の燃焼排ガスよりも更に低下しているため、腐食環境は比較的穏和である。

【0045】従って、二流体ガスタービンの消費する大量のボイラ水の一部を排ガス凝縮式エコノマイザにて回収することにより、その原水の費用と使用量を減少させることができる。これにより、凝縮水の中和などの水処理に若干の費用が必要になるものの、全体としてコストを抑制でき、水資源を節約できる。

【0046】〔構成7〕本発明に係るガスタービン組込みボイラは、請求項7に記載した如く、ボイラに付帯する凝縮型エコノマイザを用いて含有水蒸気の一部を凝縮水として分離した排ガスを、

- ・ ボイラから排出される蒸気又は回収ドレンの一部にて再加熱することにより、
- ・ 煙突から放出される排ガスの白煙化を防止又は抑制する構成とした構成6に記載のガスタービン組込みボイラである。

【0047】〔作用効果〕凝縮型エコノマイザを出た排ガスは水蒸気で飽和しているため、そのまま煙突から放出すると、気象条件によっては、水蒸気が凝縮して水滴となり、白煙となって目視できるようになる。特に、大気の温度が低い冬季や湿度の高い梅雨時に白煙が発生しやすい。白煙そのものは有害ではないが、有害物質を放出しているように受け取られるため、水蒸気の白煙化を防止又は抑制することがしばしば必要になる。

【0048】本構成では、エコノマイザを出た飽和排ガスを、ボイラから排出される蒸気又は回収ドレンの一部にて再加熱することにより、その湿度を減少させて白煙化を防止又は抑制する。再加熱の方式としては、例えば、熱交換器を使った間接加熱及び蒸気吹き込みによる直接加熱のいずれもが可能である。前者は熱交換器設置コストを伴うものの、使用蒸気量が少なくかつ排ガス含有水蒸気量を増加させなくて済む特徴がある。

【0049】本来ガスタービンの廃熱である蒸気又はさらにその蒸発潜熱を使用された後のドレンにて白煙化を防止又は抑制するため、本構成には新たなエネルギーを必要としないという省エネルギー性と経済性がある。

【0050】

【発明の実施の形態】本発明のガスタービン組込みボイラについて、添付図面を参照しながら詳細に説明する。

【0051】図1は、請求項1に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表す外観斜視図である。図1では、小型ガスタービンは、遠心型の圧縮機1、輻流型の膨張タービン2、燃焼器3、再生器4、発電機5及びダクト6から構成され、再生器4の出口はボイラ11（小型貫流ボイラ）の燃焼ガス導入室に煙道を介することなく直接接合されている。小型ガスタービンとしては、例えば、マイクロガスタービンが挙げられ、運転方法としては、通常のブレイトンサイクルを応用した再生サイクルなどが好ましい。

【0052】再生器4を出たガスタービン排ガスは、ボイラ11に入り、伝熱管にてボイラ水と熱交換を行い飽和蒸気を発生する。これにより、ガスタービン組込みボイラは、電気及び蒸気（熱）の二種の出力を発生する。電気は、独立又は商用電力と系統連携して使用できる。蒸気は、プロセスをはじめ暖房としても使用できる。

【0053】特に、電気を独立で使用する場合であって、発電機5が高速発電機である場合には、発電電力をコンバータで交直変換した直流電力を直接直流電動機に利用できる。また、消費機器側で適当な周波数の交流に変換利用すれば、周波数変換に伴う損失を減少できるため効率的である。消費機器側での周波数変換が有効である機器には、例えば、蛍光灯、同期電動機、誘導加熱機器等がある。

【0054】ボイラ11は炉筒煙管ボイラであっても良く、この場合にはマイクロガスタービン部分は横置きされる。また、ガスタービンの全部又は一部をボイラ燃焼室に陥入するように構成しても良い。この場合には、ガスタービン組込みボイラをコンパクトに構成できると共に、ガスタービンの騒音を遮蔽できる。更に、マイクロガスタービンとボイラ11を一体のケーシングで囲繞すれば、効果的に防音エンクロージャーを設置できる。

【0055】また、ガスタービンの再生器4の熱交換能力を調整可能とすることもできる。ガスタービン排ガスを再生器4の上流で分流し、再生器4をバイパスした後再生器通過排ガスと合流させれば、その分流割合をダンパ等で調節することで再生器熱交換能力を調整することができる。熱交換量を減じればボイラへ供給される排ガスの温度が上昇し、ボイラの蒸気出力を増大させることができる。

【0056】図2は、請求項2に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表すフロー図である。ボイラ水は給水ポンプ13にて加圧されてボイラ11に入り、ガスタービンの再生器4を出た排ガスで加熱され、さらにガスタービン燃焼器3にて燃焼ガスで加熱されて汽水二相流となり、気液分離器17（通常ボイラの蒸気ドラムに相当する。）にて飽和蒸気と飽和水に分離される。飽

和蒸気はそのままプロセスや暖房に利用され、飽和水は一部ブローされた後、給水ポンプ13にてボイラに戻される。ボイラ水の加熱をボイラ缶体とガスタービン燃焼器3の熱交換器の二段で行うため、ボイラ形式は貫流型が好適である。

【0057】なお、ガスタービン燃焼器3でのボイラ水の加熱はその部分に熱交換器を設置して行うが、燃焼器3の冷却を兼ねて行えば好都合である。また、燃焼ガス温度は膨張タービン入口許容温度（TIT）以下に冷却する必要があるが、冷却手段としては、本熱交換器による構成と、圧縮機1からの圧縮空気による希釈冷却との二種類がある。本構成による冷却割合を増大させることにより、圧縮機軸動力の低減とボイラ蒸気の取得熱量の増大とによってガスタービン組込みボイラ全体としての性能と効率向上の効果が得られる。

【0058】図3は、請求項3に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表す外観斜視図である。ガスタービンの再生器4の直下流に補助燃料を燃焼させる補助バーナ12を直結し、ガスタービン排ガスの温度低下を最小限に留めることができる。

【0059】補助バーナ12では、補助燃料をガスタービン排ガス中の残留酸素にて燃焼させる。補助バーナ12は低酸素燃焼性能が要求されるため、保炎性能の高い、旋回を伴う拡散燃焼方式などを有するものが好適である。

【0060】補助燃料の投入により、ボイラの蒸気発生量をガスタービンの運転負荷から独立して、ガスタービン廃熱量を最小能力として、ボイラ定格出力の範囲内で制御することができる。

【0061】また、本構成は、本発明中の他の構成と組合わせて実施できる。図3における蒸気の出入りは、構成2と組合せた一実施態様を表している。

【0062】図4及び図5は、請求項4に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表すフロー図である。ボイラ11で発生させた飽和蒸気をガスタービン燃焼器3に送り、燃焼器3の冷却及び／又は燃焼器内燃焼ガスの冷却を行うことにより過熱蒸気を得る。

【0063】発生した過熱蒸気は、その全部を燃焼器3に噴射（図4）、又はその一部を膨張タービン2入口に噴射（図5）してガスタービンの軸動力増大を図る。余剰の過熱蒸気は乾き度の高い蒸気としてプロセス他に利用する。補助燃料による排気再燃や、飽和蒸気の併用も可能である。

【0064】図6は、請求項5に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表すフロー図である。ボイラ11で発生させた飽和蒸気をガスタービン燃焼器3の火炎存在領域又はその上流に噴射している。飽和蒸気は火炎又は高温の燃焼ガスにより加熱され、乾き度を増して膨張タービン2に入り、ガスタービン軸出力を増大させる。飽和蒸気噴射位置は火炎存在領域又はその上流であ

れば良く、圧縮機 1 出口、ガスノズル或いはその近傍とすることもできる。

【0065】これにより、飽和蒸気を使用しても通常はエロージョン無く二流体サイクルを運転できる。なお、飽和蒸気の乾き度が極端に低く、その水滴により膨張タービン翼にエロージョンが生じたとしても、マイクロガスタービンの膨張タービンは安価に且つ容易に取替えが可能である。

【0066】また、水蒸気の吹き込みにより火炎の燃焼温度を低下させることができるので、NO_x 排出量低減にも有効である。

【0067】図 7 は、請求項 6 に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表すフロー図である。ボイラ 11 の排ガス出口に凝縮型エコノマイザ 14 を取り付け、排ガス中の水蒸気を凝縮させることにより凝縮水をボイラ給水の一部として回収する。凝縮水をボイラに再投入する際には、必要に応じて水処理装置 15 を設けて pH 調整軟水化処理又は純水処理を行うこともできる。

【0068】ガスタービン燃料としては、天然ガス、LPG、灯油等の硫黄分の少ないクリーンな燃料を用いる。ガスタービンに蒸気噴射を行った場合には、大量の水蒸気が排ガスに含まれるため、ボイラ原水の節水のために本方法は有効である。勿論、排ガスの凝縮潜熱はボイラ給水の予熱に使われるため、再生サイクルガスタービンの低温廃熱回収手段としても有効である。

【0069】図 8 は、請求項 7 に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表すフロー図である。凝縮型エコノマイザ 14 にて排ガスを冷却すると、排ガスは飽和状態となるため、そのまま煙突から屋外に排出すると白煙化する場合がある。そこで、凝縮型エコノマイザ 14 を出た排ガスを再熱器 16 にて再加熱することにより飽和状態から脱せしめ、煙突から排ガスが大気放散されるときに排ガスの白煙化を防止又は抑制する。

【0070】再加熱に用いる熱源は、ボイラよりの飽和蒸気を用いる。元々ガスタービン排ガスの廃熱回収にて発生させた蒸気であるため、新たなエネルギーは不要である。なお、他の熱源としてプロセスや暖房から回収されたドレン水（蒸気の潜熱を消費した後回収された飽和水）の保有顕熱を用いることも可能である。

【0071】図 9 は、従来のチェンサイクルを応用したコージェネレーションの一実施態様を表すフロー図である。燃焼器 3 又は膨張タービン 2 に吹き込む蒸気は過熱蒸気である。

【0072】

【発明の効果】本発明に係るガスタービン組込みボイラによれば、下記の如く優れた効果が奏される。

(1) 小型のコージェネレーションであっても、再生サイクルガスタービンを採用することにより、発電出力を

中型と同等に維持できる。

(2) 再生サイクルガスタービンよりの低温廃熱を飽和又は過熱蒸気として有効に回収できる。

(3) 蒸気噴射を行うことにより、更に電気出力を増大させることができる。

(4) 補助燃料を燃焼させることにより、熱電比を変化させることができる。

(5) 現場施工技量によらない安定した性能を確保できる。

(6) コージェネレーションシステムを小型軽量かつ安価に提供できる。

(7) 蒸気噴射に伴うボイラ水消費増大を抑制できる。

(8) 騒音、窒素酸化物 (NO_x)、白煙等の発生を防止又は抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】請求項 1 に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表す外観斜視図である。

【図 2】請求項 2 に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表すフロー図である。

【図 3】請求項 3 に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表す外観斜視図である。

【図 4】請求項 4 に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表すフロー図である。

【図 5】請求項 4 に係るガスタービン組込みボイラの他の一実施態様を表すフロー図である。

【図 6】請求項 5 に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表すフロー図である。

【図 7】請求項 6 に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表すフロー図である。

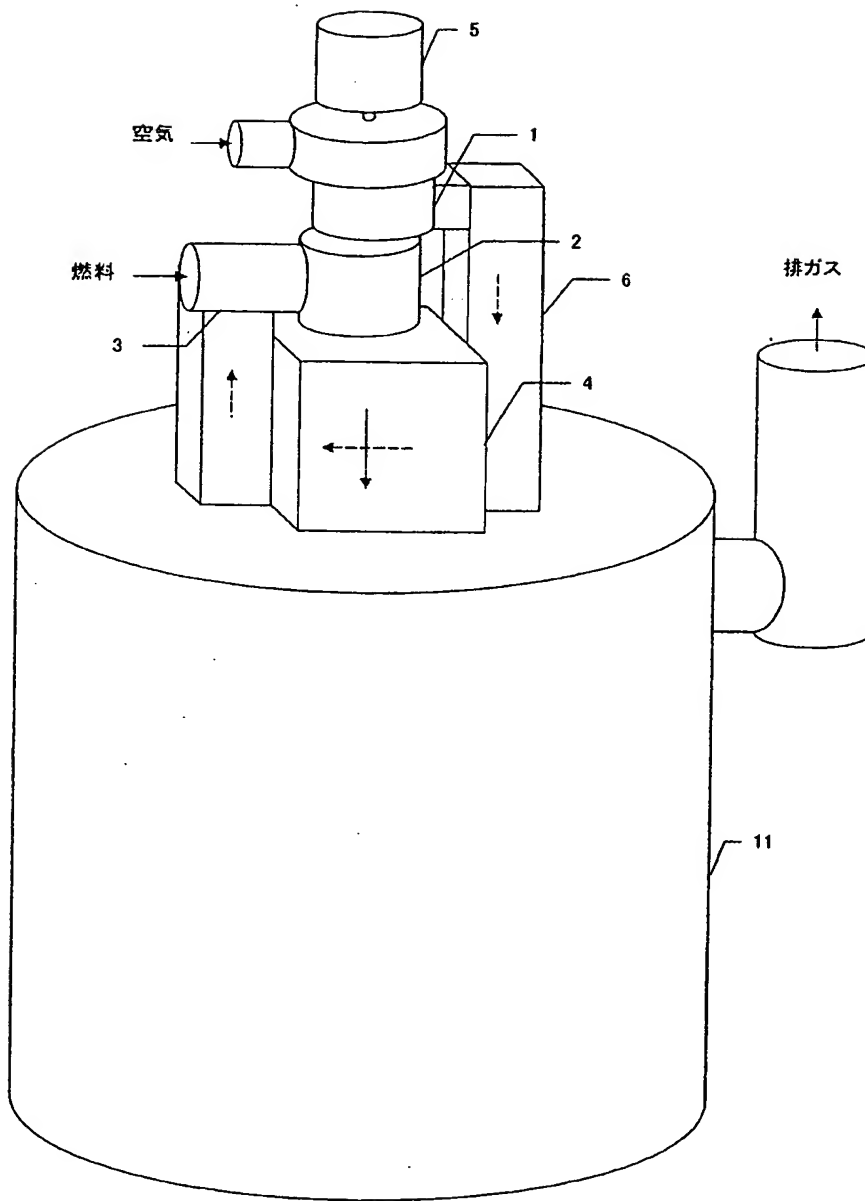
【図 8】請求項 7 に係るガスタービン組込みボイラの一実施態様を表すフロー図である。

【図 9】従来のガスタービンチェンサイクルを応用したコージェネレーションを表すフロー図である。

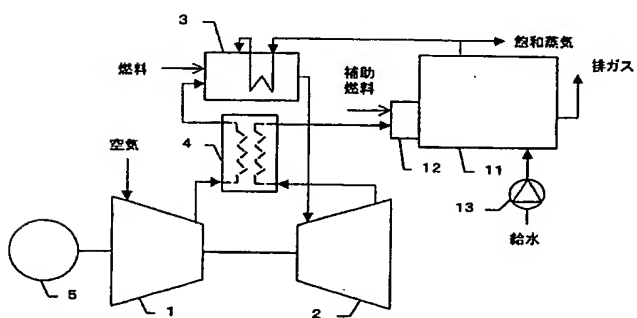
【符号の説明】

- | | |
|----|--------------|
| 1 | 圧縮機 |
| 2 | 膨張タービン |
| 3 | 燃焼器 |
| 4 | 再生器 |
| 5 | 発電機 |
| 6 | 空気ダクト |
| 11 | ボイラ |
| 12 | 補助バーナ |
| 13 | 給水ポンプ |
| 14 | 凝縮型エコノマイザ |
| 15 | 水処理装置 |
| 16 | 再熱器 |
| 17 | 気液分離器（蒸気ドラム） |

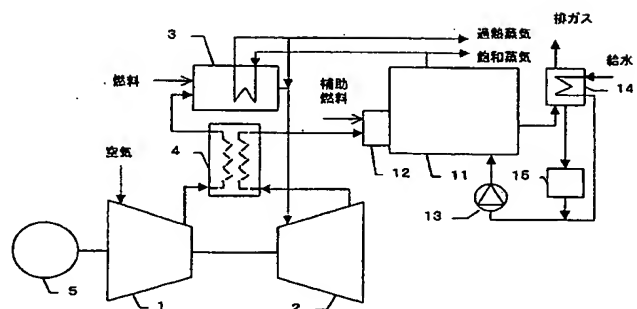
【図 1】



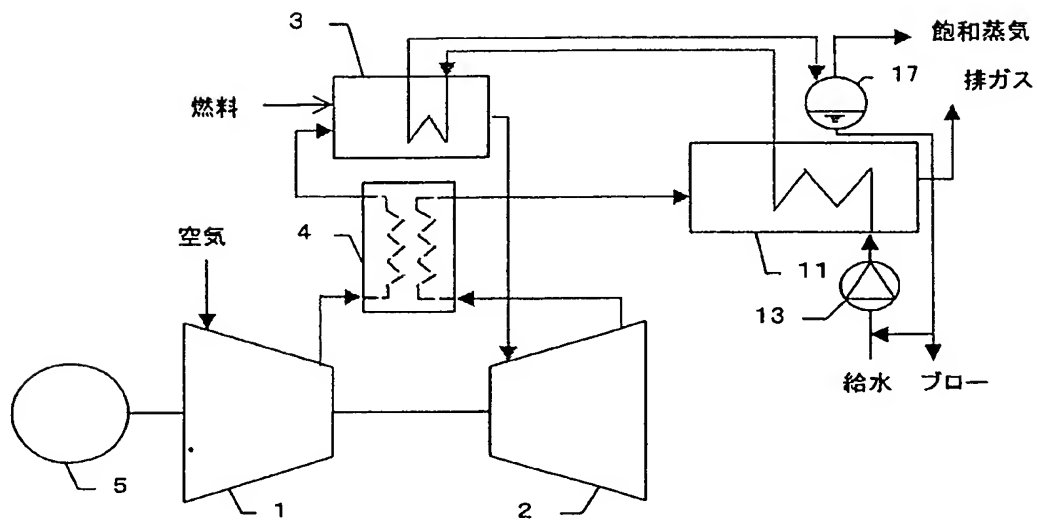
【図 4】



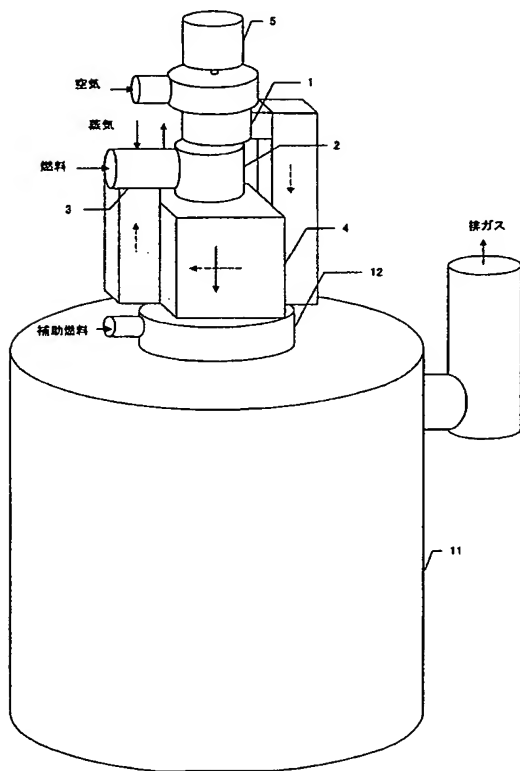
【図 7】



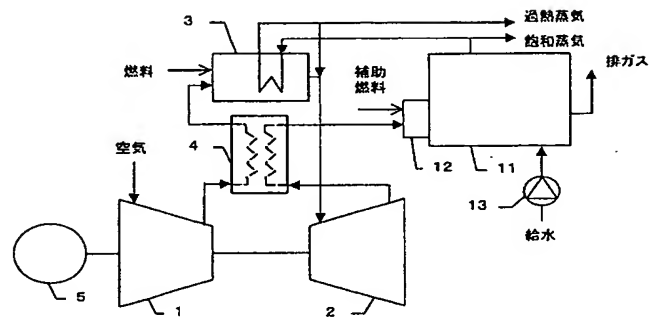
【図2】



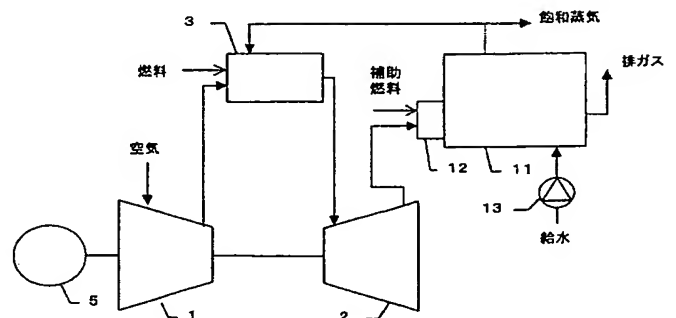
【図3】



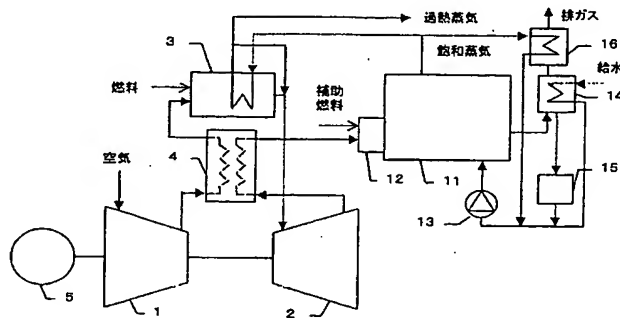
【図5】



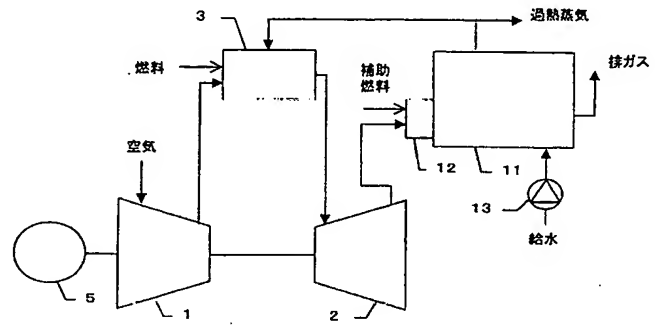
【図6】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

F 2 2 B 1/18

識別記号

F I

F 2 2 B 1/18

テーマコード(参考)

J
K
R

(72)発明者 辻下 正秀

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

大阪瓦斯株式会社内